

MODELOS GEOLÓGICOS, UMA FORMA DIDÁTICA E EFICAZ DE EDUCAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Joel Barbujani Sígolo¹

Sídnei Sairafi Aluani²

Palavras-chave: modelos geológicos, educação, vídeo

RESUMO

Constam neste, resultados e sínteses descritivas de modelos geológicos de processos supérgenos e endógenos do campo das Geociências. Os temas apresentados foram alvo de montagem em vídeo acompanhada de texto elucidativo e os principais títulos são: "O que é um mapa Geológico?", "Deformação em rochas", "Descrição de um vulcão", "Erosão e Transporte pelos rios". A apresentação destes a professores do 1º e 2º grau demonstrou serem eficientes na transmissão e divulgação de conhecimentos tanto para o educador como para alunos destas séries na área de ciências. A confecção destes modelos pode servir de estímulo a estes alunos nesta área, visto serem os modelos de fácil montagem e de baixo custo. Podem ainda ser úteis como vetores iniciais de estímulo no 3º grau, junto a alunos de Geografia, Biologia, Química e mesmo iniciantes do curso de Geologia (Geologia Geral, Introdutórias etc).

ABSTRACT

This paper presents a description of dynamic geological models in three dimension. These models are based on supergenic and endogenous processes which are presented in video. The main topics are: "What is a geological map?", "Rock deformation", "Description of a volcano" and "River erosional and transport action". This video has been presented for 1st and 2nd degree teachers, intending to show how it could be an important way to teach geoscientific information to them and their students. The construction of these models is easy and unexpensive. We also believe that this way is one more

¹ Professor do Departamento de Geologia Geral do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

² Graduando do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

educational vector to introduce geosciences for first and second degrees of the Brazilian school, and as a general information about Physical Geology, Earth Dynamic systems for Biology, Chemistry, Geography and Geology 3rd degree students.

INTRODUÇÃO

A base inicial de organização e de montagem de modelos geológicos em três dimensões foi desenvolvida no início de 1988, através do envolvimento de alunos do curso de geologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo em bolsas de iniciação científica obtidas junto ao CNPq. O projeto inicial denominou-se "Projeto Integrado de Divulgação da Ciência Geológica, subprojetos Sismosala, Câmara de Minerais Fluorescentes, Água Subterrânea, Sistemas Depositionais e Atividade Vulcânica". A confecção destes modelos visava a sua inclusão e exposição na Estação Ciência de São Paulo, quando ainda era gerenciada pelo CNPq. A grande dificuldade encontrada foi a definição de quais processos geológicos poderiam ser transformados em modelos tridimensionais, de modo que não perdesse seu encanto como processo e retratasse, da forma mais real possível, algumas modificações mais comuns observadas na superfície do planeta. Deveriam também apresentar alguma parte com mobilidade, pois esta seria uma forma de prender a atenção da clientela, naturalmente dispersiva (crianças do 1º e 2º graus das escolas de São Paulo).

O desenvolvimento e construção dos modelos foram coordenados pelo primeiro autor, sendo alguns totalmente inéditos e outros baseados em modelos similares encontrados em literaturas especializadas (GORDUA, 1988; GIBSON, 1987; WELLS, 1988), ou apresentados em Museus (British Museum- Natural History, Geological Museum- Phillips Kemp). Cada modelo criado passou pela construção de um "lay-out" próprio e implicou na consulta bibliográfica referente ao processo geológico que o mesmo retrataria. Alguns dos modelos apresentam elevada simplicidade de construção, a um custo bastante baixo, permitindo sejam eles transformados em elementos de difusão e divulgação do conhecimento geológico em aulas do 1º e 2º graus, ou ainda, junto a eventos em colégios (Feira de Ciências por exemplo). Os modelos existentes e construídos encontram-se atualmente em exposição na Estação Ciência de São Paulo (Lapa); e o vídeo obtido com o funcionamento destes modelos encontra-se no setor de audio-visuais da Biblioteca do Instituto de

Geociências à disposição da comunidade.

OS MODELOS APRESENTADOS

Como sabemos, o universo temático das geociências é bastante amplo e a eleição dos processos a serem modelados teve que seguir premissas que permitissem: primeiro, a manutenção de uma apresentação didática; segundo, que o projeto de criação pudesse ser executado; terceiro, fosse de baixo custo e quarto, pudesse ser construído em espaço curto de tempo.

— Deste modo, apesar de ter sido construída quase uma dezena de modelos, apresenta-se neste trabalho apenas quatro, cuja temática, acima de tudo, contempla uma boa parcela da dinâmica externa terrestre em íntima ligação com o meio físico e uma parcela vinculada à dinâmica interna.

De outro lado, como havia a intenção da montagem de um vídeo informativo sobre a temática abordada utilizando os modelos em funcionamento, entendemos ser a manutenção do seguinte elenco temático a forma mais adequada e, no momento, apropriada para organização didática de apresentação, na forma que se segue:

1. **O que é um mapa geológico ?** (base na carta topográfica da Ilha de São Sebastião, IBGE, e nos trabalhos de FRANCA, 1944; FREITAS, 1947 e 1953; e HENNIES, 1964 e HENNIES e HASUI, 1968). Em associação com as imagens geradas do vídeo, apresentando o modelo em atividade, foi redigido um roteiro e um texto explicativo da apresentação, em linguagem acessível e clara com o objetivo de atingir o observador. O texto como apresentado no vídeo, tem a seguinte forma:

"Um mapa geológico é construído sobre uma carta topográfica. A construção em três dimensões desta carta denomina-se bloco diagrama. Esta maquete representa a região de Ilha Bela, no litoral norte do Estado de São Paulo. Nela, podemos ver o terminal da Petrobrás, onde é feito o desembarque de petróleo para São José dos Campos. Ao lado, o canal que separa o continente da ilha, chamado de canal de São Sebastião. Suas

águas movimentam-se principalmente no sentido SE-NW, o que, em caso de vazamento de óleo do terminal, leva à contaminação destas praias da ilha".

Para compreendermos o que é um mapa geológico precisamos ver o que está abaixo da vegetação e do solo de uma região, com a finalidade de observar as variedades rochosas encontradas abaixo da vegetação e do próprio solo. Neste caso, as variedades rochosas são mostradas em diferentes cores. A cor verde representa rochas chamadas de alcalinas, a cor vermelha as chamadas de granitos, a marrom aquelas denominadas de metamórficas, a branca representa as rochas intrusivas, na forma de diques de rochas chamadas de diabásio. Finalmente, a amarela representa as areias das praias, definidas como sedimentos modernos. Para entendermos como estes diferentes corpos estão relacionados espacialmente precisamos produzir um corte na ilha, separando-a em duas porções. Ao fazermos isto, podemos então observar a estrutura interna da ilha, onde rochas apresentadas na superfície são mostradas também em profundidade. Assim, surgem em verde, as alcalinas; em vermelho, os granitos; em marrom, os gnaisses e xistos; em branco, os diques de diabásio e por último em amarelo, os sedimentos da praia. Estes aparecem também no fundo do canal. Ao lado direito da maquete, aparecem as relações entre as rochas do embasamento, constituídas também de granitos, gnaisses e xistos, compreendendo o local onde está a cidade de São Sebastião. Este conjunto então, compreende um mapa geológico da região de Ilha Bela e São Sebastião, com um perfil geológico da mesma região, representado pelo corte imaginário feito na ilha, no canal e no continente.

2. Deformação em rochas. (base em FOSTER, 1982; LEHMAR, 1977). Para este caso foram empregados materiais simples, como espumas de uma polegada, de cores diferentes, com o propósito de simular camadas de rocha. Estas foram colocadas no interior de uma armação com vidros antepostos, permitindo observação visual de dois ângulos. Uma porção destas espumas foi fixada em uma das partes opacas e, a outra, fixada em uma parte móvel, de tal sorte que com um simples movimento pode-se simular uma dobra nas espumas. Neste caso foram construídas duas plataformas retangulares onde dois segmentos são de madeira. Nestas, distribuíram-se lâminas de espuma de baixa densidade e de cores diferentes, cortadas no tamanho da plataforma.

Como um dos segmentos de madeira é móvel, uma pressão manual sobre este permite que as espumas dobrem-se. A construção de um relevo sobre a espuma promove maior realismo ao processo. E, a colocação de uma amostra de rocha deformada ao lado, completa o modelo. Para simulação do modelo com falhamento, basta cortar a espuma e desencontrar as camadas de cores diferentes. O procedimento de construção e simulação é idêntico ao anterior.

Para este caso, também um texto explicativo foi incluído, e o seu conteúdo é o seguinte:

"Para este caso temos uma maquete de rochas sedimentares, tal como foi visto no canal de São Sebastião. Estes sedimentos depositam-se em camadas e adquirem certa horizontalidade, representadas aqui pelas cores distintas das camadas, amarela e verde. No modelo, temos vários tipos de sedimentos e, estes, se porventura sofrerem esforços geológicos do tipo movimento de continentes, por exemplo, acabam sofrendo deformações que podem ser na forma de um dobramento. Deste modo, toda a estrutura de rochas sedimentares dobra-se. Este fenômeno de deformação pode ser visualizado na amostra ao lado, que representa uma rocha dobrada. Neste novo modelo, as mesmas camadas depositadas apresentam um desencontro, ou seja, as linhas das camadas estão descontínuas. Este risco, visto no centro, é uma região de desencontro de camadas e recebe o nome de falha. Neste modelo temos uma zona de falha, as camadas portanto estão falhadas. Se porventura estas camadas sofrerem os mesmos esforços geológicos comentados anteriormente, elas vão se deformar diferentemente do primeiro exemplo. A zona de falha representa, portanto, uma zona de fraqueza importante. Temos assim, um exemplo de deformação com desencontro de camadas."

3. Descrição de um vulcão. Este modelo foi construído envolvendo um sistema eletrônico de iluminação, incorporado a um secador de cabelos e microfocos de isopor para simular os derrames de lava do vulcão. A base inicial foi desenvolvida a

partir dos trabalhos de ALLEN (1987), JOHNSON (1976) e do Majesty's Stationery Office (1974).

A construção do edifício vulcânico exigiu maior elaboração técnica, onde um ventilador (secador de cabelos), permite o fluxo contínuo de flocos de isopor pela saída do duto vulcânico do modelo.

A estrutura básica do modelo foi construída em resina resapol posteriormente pintada com cores que simulavam condições de rochas vulcânicas. A estas foi incorporado um sistema de iluminação artificial, simulando as explosões no interior da cratera. A dinâmica apresentada pelo modelo é elucidativa e vários componentes do edifício vulcânico podem ser identificados, bem como inúmeros fenômenos vulcânicos ao longo da exibição (recobrimento de lavas, mudança de relevo, escoamento de lava pelo leito de canais do relevo, chegada da lava ao oceano, aumento da área da ilha por derrames sucessivos, entre outros).

O texto explicativo que acompanha o vídeo para o caso deste modelo, é apresentado como se segue:

"É aqui apresentada uma maquete simulando uma atividade vulcânica em ilha oceânica. Este tipo de ilha pode ser um modelo conhecido como o de ilhas geradas em vulcanismo oceânico, e quase sempre representa atividades vulcânicas modernas de exemplos bastante conhecidos como as do Havai, Açores, Islândia, Ilha Deception, nas Shetlands do Sul e muitas outras. Neste modelo, podemos visualizar: a cratera, uma parte do duto vulcânico e os vales que circundam o edifício vulcânico de modo radial. A construção básica desta ilha inicia-se com uma atividade vulcânica de caráter submarino, como o mostrado por estas imagens. Após a construção do edifício vulcânico, este pode, devido a sucessivas erupções, atingir o nível do mar, passando assim a manifestar-se na atmosfera, ou então tornar-se inativo. Se ele não ficar inativo, e novos processos de erupção ocorrerem, seus principais produtos, como cinzas vulcânicas, gases e lavas, serão lançados na atmosfera. As lavas, como são mais densas, tenderão a seguir o caminho dos vales que circundam o edifício vulcânico, tal como o que pode ser

observado em imagens reais. Esta lava segue em direção ao oceano e, lá, sofre rápido resfriamento, tal como ocorre no início da formação do edifício vulcânico. O escoamento da lava é bastante nítido nesta simulação, com pequenos flocos, onde fica clara a cobertura da estrutura anterior com lavas modernas, ocupando agora os vales, e modificando a feição morfológica inicial da ilha, de modo similar a casos reais.

Este processo promove o crescimento da ilha, por acúmulo constante de lava sobre lava. A ilha inicial assim, fica recoberta por material vulcânico moderno desta nova erupção, configurando um novo relevo na mesma ilha."

4. Erosão e transporte pelos rios. Este modelo foi construído partindo-se de informações contidas em WELLS (1988), GIBSON (1987), BERNER & BERNER (1987), LERMAN (1979) e POTTER & PETTIJOHN (1977) e, posteriormente, desenvolvido considerando as premissas inicialmente propostas.

O resultado final foi a montagem de um relevo que apresentava caimento angular de 15 a 25 graus, da porção que compreende a nascente do rio até a sua foz. A simulação do transporte de materiais foi executado experimentalmente e chegou-se a conclusão de que o ideal seria operar somente com areias. Assim sendo, definiu-se como ideais as frações de 0,5 mm a 3 mm, colocando estas na cabeceira do leito do rio no modelo. O fluxo de água é controlado por conexões de mangueiras de 4 a 5 mm de saída, acopladas a registro de pressão, ligado diretamente a uma torneira. A abertura do registro e o conseqüente fluxo de água fazem com que aquelas frações de areia, então misturadas, sejam gradualmente selecionadas em frações granulométricas próximas, ao longo do leito do rio no modelo. O emprego de areias com cores diferentes (constituição mineral variada) permite aumento do efeito didático do processo como um todo.

Este modelo também encontra-se no vídeo apresentado no 37º Congresso Brasileiro de Geologia e o texto que o acompanha é o que se segue:

"Um rio nasce do acúmulo das águas das chuvas e do degelo, alimentado pela água subterrânea e percorrendo quase sempre zonas de vales com rochas, num fluxo de águas turbulentas em

sua fase jovem. Isto pode ser visto neste modelo, onde um leito de rio percorre uma região de relevo acidentado até atingir uma zona lagunar. Bastante similar ao apresentado nestas imagens reais. Um rio é veículo importante no transporte de sedimentos, como areias, cascalhos e argilas. Ele não só carrega os sedimentos, como os seleciona, em função do seu tamanho e peso.

Os sedimentos de granulometria maior precisam de mais energia para serem transportados; portanto, permanecem nas porções mais altas das drenagens. Os sedimentos mais finos são mais facilmente transportados e, portanto, carregados por percursos maiores na drenagem. A ação de transporte é mais efetiva nas zonas de corredeiras, onde o fluxo é turbulento e o rio possui maior energia. Em zonas lagunares e em regiões de relevo plano, a energia é menor, e os sedimentos depositam-se mais facilmente. Nestes locais, sedimentos de granulometria mais grossa misturam-se com sedimentos de granulometria mais fina, em ciclos ditados por maior ou menor fluxo de água. Estes sedimentos podem ser depositados separadamente, como pode ser observado nesta seqüência de imagens. Este caso, em especial, exemplifica os bancos de areia que ocorrem em regiões de menor energia do rio ou em meio lagunar."

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Cada um destes modelos retrata, de modo relativamente simples e didático, um volume razoável e importante de informações de caráter geológico acerca do tema que tratam. A apresentação destes modelos em funcionamento na forma de vídeo contribui de modo importante ao esclarecimento destes tópicos e cria uma visão cooptativa da platéia que o assiste. A experiência realizada na Estação Ciência-Lapa, onde, mais de vinte e cinco mil visitantes tiveram a oportunidade de observá-los; e, a apresentação do vídeo para mais de cinco dezenas de pessoas, de variadas formações

e idades, permitiu verificar que houve a detecção e compreensão dos temas apresentados (amostragem aleatória da população visitante) e conduziu a conclusão de que esta é uma forma eficaz de divulgação e transmissão de conhecimentos da área de Geociências para a comunidade em geral.

Finalmente, deixamos a estruturação e modelagem de todas estas maquetes e outras, com seus respectivos "lay-out", etc, à disposição da comunidade, no Laboratório de Apoio Didático do Departamento de Geologia Geral do Instituto de Geociências da USP. O vídeo realizado e apresentado no 37º Congresso Brasileiro de Geologia foi incorporado à seção de audio-visuais da biblioteca do mesmo instituto e encontra-se disponível para a comunidade em geral. Os modelos aqui descritos e apresentados continuam sendo expostos na Estação Ciência-Lapa-SP.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq o apoio fornecido através de auxílio a pesquisa, para aquisição de materiais utilizados na construção dos modelos, assim como pela concessão das bolsas de iniciação científica a nove alunos, e a estes mesmos alunos, pelo empenho com que se dedicaram na confecção, idealização e funcionamento dos modelos aqui descritos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, J.E. An explorer's description of a volcanic eruption. *Journal of Geol.Education*, vol 35, n.3:142-143, 1987.
- BERNER, E.K.; BERNER, R.A. *The global water cycles*. New Jersey: Prentice Hall Englewood Cliffs, 1987. 397p.
- FOSTER, R.J. *Earth Science*. Local: Benjamin/ Cummings Publishing Company. Inc., 1982.
- FRANCA, A. Notas sobre a geografia da ilha de São Sebastião. *Bol. Assoc. Geog. Brasileiros*, SP, vol. 4, p 49-59. 1944.
- FREITAS, R. O. *Geologia e petrologia da ilha de São Sebastião*, São Paulo. *Bol. Fac. Filos.,Cienc. e Letras*, USP, SP, vol. 3. 1947.

- FREITAS, R. O. **Composição e granulometria da praia de São Sebastião-SP.** Bol. Soc. Bras. Geol., SP, p. 29-36. 1953.
- GIBSON, G.G. Partners in Earth Science Education. **Journal of Geol. Education**, vol 35, n.5: 260-262, 1987.
- HENNIES, W.T. Rochas alcalinas de São Sebastião. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 18., 1964. Poços de Caldas - MG. **Anais....** Poços de Caldas: 1 cp., 1964.
- HENNIES, W.T.; HASUI, Y. Geocronologia das rochas eruptivas alcalinas da ilha de São Sebastião, SP In: Congresso Brasileiro de Geologia, 23. 1968, Belo Horizonte. **Anais.** Belo Horizonte, SBG, 1968. p.145-148.
- JOHNSON, R.W. **Volcanism in Australasia.** Elsevier Scient. Publ. Co., 1976. 405p.
- LEHMAR, J.D. The Science Teacher. **Journal Geological Education**, vol. 44, n.8. 1977.
- MAJESTY'S Stationery Office. **Volcanoes geological museum.** London: 1974. 36p.
- POTTER, P.E. and PETTIJOHN, F.J. **Paleocurrents and basin analyses.** Berlin: Spring-Verlag, 1977. 296p.
- WELLS, N.A. Working with paleocurrents. **Journal Geological Education**, vol. 36, n.1:39-42. 1988.